



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

**Análisis Del Progreso Tecnológico Como Factor Del
Crecimiento.**

Autor/es

ANA PAGOLA DALLO

Director/es

MARÍA REYES LORENTE ANTOÑANZAS

Facultad

Facultad de Ciencias Empresariales

Titulación

Grado en Administración y Dirección de Empresas

Departamento

ECONOMÍA Y EMPRESA

Curso académico

2018-19



Análisis Del Progreso Tecnológico Como Factor Del Crecimiento., de ANA
PAGOLA DALLO

(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.



FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

**Análisis Del Progreso Tecnológico Como Factor Del
Crecimiento.**

**Analysis Of Technological Progress As A Factor Of
Growth.**

Autor: D./D^a. Ana Pagola Dallo

Tutor/es: Prof. D./D^a. M^a Reyes Lorente Antoñanzas

CURSO ACADÉMICO 2018-2019

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN / ABSTRACT..... | 3 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| 2. TEORÍAS EXPLICATIVAS DEL FACTOR TECNOLÓGICO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO..... | 5 |
| 2.1. Teoría clásica del crecimiento económico | 5 |
| 2.2. Teoría del crecimiento neoclásico de Solow | 6 |
| 2.3. Teoría del crecimiento endógeno | 8 |
| 2.4. Teoría evolucionista de Shumpeter | 9 |
| 2.5. Teoría de la convergencia | 11 |
| 3. ANÁLISIS DE DIFERENTES PROPUESTAS DE FORMULACIÓN PARA EL FACTOR TECNOLÓGICO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO | 13 |
| 4. LA I+D EN ALGUNOS PAÍSES RELEVANTES | 19 |
| 4.1. España | 21 |
| 4.2. Estados Unidos | 22 |
| 4.3. China | 23 |
| 4.4. Japón | 23 |
| 4.5. Alemania..... | 24 |
| 4.6. Corea del Sur | 25 |
| 5. CONCLUSIONES | 26 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 27 |
| ANEXO | 30 |

RESUMEN: El presente trabajo analizará el cómo el progreso tecnológico influye en el crecimiento económico de los países desde la perspectiva económica. El trabajo constará de tres partes. En la primera se analizarán las principales teorías económicas que han ido surgiendo a lo largo de la historia, como la teoría clásica o la teoría endógena de Solow, y además se hablará de la teoría de la convergencia desde el punto de vista de la teoría endógena y exógena. En segundo lugar, partiendo de la fórmula ideada por Cobb-Douglas, que se explicará previamente, se analizará el crecimiento económico de treinta países europeos durante cuatro periodos de tiempo y se demostrará que el crecimiento tecnológico influye en ese crecimiento explicando el cómo y el cuánto. Por último, se analizarán seis países, siendo cinco de ellos los que más invierten en investigación y desarrollo a nivel mundial, para elaborar unos informes técnicos y así poder hablar de por qué invierten en tecnología, de dónde proceden y cómo reparten ese gasto.

ABSTRACT: The present essay will analyze how the technological progress influences in the economic growth of the countries from the economic perspective. The essay will consist of three parts. The first one will analyze the main economic theories that have emerged throughout history, as the classical theory or the endogenous theory of Solow, and also talks about the theory of convergence from the point of view of the endogenous and exogenous theory. The second part, starting from the formula devised by Cobb-Douglas, which will be explained previously, the economic growth of thirty European countries will be analyzed over four periods of time and it will be shown that technological growth influences that growth by explaining how and how much. Finally, six countries will be analyzed, with five of them investing most in research and development worldwide, to prepare technical reports and thus be able to talk about why they invest in technology, where they come from and how they share that expense.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo va a tratar el tema de cómo el progreso tecnológico afecta al crecimiento de los diferentes países. Se ha elegido este tema ya que actualmente se está viviendo la llamada revolución tecnológica 4.0 y el progreso tecnológico prácticamente se encuentra en todos los sectores y en el día a día. En las noticias y en los periódicos se escucha siempre decir que hay que invertir en I+D para que un país progrese y crezca económicamente pero nadie explica el supuesto de que la inversión en investigación hace que el país crezca y progrese o dónde se debería invertir para que el país crezca más y mejor. Es por ello que, en este trabajo, se va a explicar cómo afecta la inversión en investigación y desarrollo al crecimiento de los países y el por qué los países que más invierten en el sector de la innovación son los más grandes económicamente hablando. El trabajo constará de tres partes, en la primera se hablarán de las teorías explicativas del factor tecnológico en el crecimiento económico, la segunda parte se analizará diferentes propuestas de formulación para el factor tecnológico en el crecimiento económico, y por último, se hablará de la inversión en investigación y desarrollo de algunos países importantes.

En la primera parte se hablará de las diferentes teorías económicas más importantes que han ido surgiendo a lo largo de los años sobre el crecimiento económico de los países y cómo han explicado que el progreso tecnológico es fundamental para ese crecimiento y dónde se debe introducir. Primero se hablará de la teoría clásica liderada por Adam Smith y Malthus, seguido de la teoría del crecimiento Neoclásico de Solow y de la teoría del crecimiento Endógeno de Romer y por último de la teoría Evolucionista de Schumpeter. Como cierre a este punto se hablará de la teoría de la convergencia en la que se explicará el por qué los países crecen a un ritmo diferente, cuáles son sus causas y cómo afecta el progreso tecnológico para que se den esas diferencias.

En la segunda parte, se analizará, con datos de treinta países europeos, la fórmula de Cobb-Douglas y sus posibles introducciones del factor tecnológico en dicha fórmula, concretamente se analizarán cuatro fórmulas. Una vez obtenidos los resultados de las cuatro fórmulas se establecerán una serie de conclusiones para cada una de esas fórmulas para así conseguir llegar a la que más se acerque a la realidad.

Por último, se demostrará con datos recogidos de artículos de periódicos y de bases de datos, como INE, EUROSTAT y UNESCO, que es verdad que la inversión en investigación y desarrollo influye en el crecimiento económico de un país. Además, se tomará información de los países que más invierten en este sector (Estados Unidos, China, Japón, Corea del Sur y Alemania) y de España. Se explicará la procedencia de la inversión en I+D además de cómo cada país reparte dicho gasto.

La principal contribución que pretende hacer este trabajo es el análisis del crecimiento tecnológico como factor del crecimiento económico, cuestión que no ha sido estudiada en el grado desde la perspectiva abordada en el mismo. Sin embargo, el concepto de tecnología y sus implicaciones en la producción sí se ha trabajado en algunas asignaturas de la carrera. En concreto, se realiza un análisis empírico con las formulas no vistan en la carrera (Cobb-Douglas y Solow).

2. TEORÍAS EXPLICATIVAS DEL FACTOR TECNOLÓGICO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO.

En esta sección se van a tratar las principales teorías económicas que se han dado a lo largo de los años sobre el crecimiento económico y de cómo el progreso tecnológico es una parte fundamental del crecimiento, a saber la teoría clásica, la teoría neoclásica, la teoría endógena y la teoría evolucionista. La última subsección tratará la teoría de convergencia, explicando el por qué se dan diferencias de crecimiento entre los países desde el punto de vista de las dos teorías más importantes, la endógena y la exógena, y cómo el progreso tecnológico puede influir en ese crecimiento.

2.1. Teoría clásica del crecimiento económico.

Como punto de partida a las distintas teorías que sirven para enmarcar la interpretación de la economía y de la evolución tecnológica, está la teoría clásica del crecimiento económico elaborada por Adam Smith en la riqueza de las naciones en 1776 y desarrollada por Malthus (1798) en su ensayo sobre *el principio de la población*. Esta teoría está enfocada a la falta de tierra que existía en esa época para poder alimentar a toda la población y al problema del ahorro y la inversión.

En esa época, la falta de puestos de trabajo (al igual que en la actualidad, en momentos de crisis de forma más acusada), hacía que parte de la población emigrara a otros países para buscar trabajo o explotar nuevas tierras para conseguir que la población obtuviera el subsidio necesario para sobrevivir. Sin embargo, ante el crecimiento de la población, se empezó a detectar las carencias de la tierra fértil y se encontraron con los primeros problemas. Se dieron cuenta de que la tierra era un factor limitado y que los esfuerzos del factor trabajo no se correspondían con los resultados obtenidos dando lugar a rendimientos decrecientes, Coll, JC. (2007). Bajo estas circunstancias, la conclusión que llegó Malthus fue que el punto de equilibrio era aquel en el que la población solo puede obtener lo necesario para sobrevivir ya que si la población seguía aumentando, el excedente de población moriría de hambruna por el mero hecho de que no existirían alimentos para todos. Esa situación la denominaron "estado estacionario" y, según esta teoría es un estado al que todas las economías iban a llegar irremediablemente.

Así, se creó la teoría *malthusiana* en el que la población crece a una escala geométrica (multiplicando por una cantidad) mientras que los recursos para alimentar a la población existente crecen en una escala aritmética (sumando una cantidad), PIB potencial (2016). Malthus expuso que se deberían tomar medidas drásticas para evitar que parte de la población se quedara sin alimento, siendo una medida drástica controlar la natalidad. También aseguró que “*gracias*” a las guerras y las epidemias, catalogándolas como “*factores de regulación natural*”, se consigue frenar el crecimiento poblacional. Sin embargo, la teoría malthusiana fue rebatida ya que Malthus no tuvo en cuenta que el progreso tecnológico podía ser aplicado para aumentar la producción de alimentos.

El término “demanda efectiva” introducido por Malthus (1820) en *"Principios de economía política"* y se define como “*el deseo de adquirir un bien o servicio más la capacidad que se tiene para hacerlo*” y está relacionado con la Ley de Say de 1803 que explicaba que “*todos los ahorros debían estar invertidos para que la demanda de un país fuera igual a la oferta*”. Sin embargo, Malthus (1820) matizó que “*el principio de ahorro, llevado en exceso, destruiría el incentivo para producir*” y explicó que, (1) si la producción supera al consumo, el ahorro jamás se invertirá en lo que no se demanda y (2) si el consumo supera a la producción la economía entraría en receso ya que se disminuiría el ahorro y la capacidad productiva.

Es por eso que Malthus intentó encontrar el punto intermedio para fomentar el crecimiento de un país gracias al ahorro y la inversión, ya que un exceso de ahorro daría lugar a una insuficiencia de la demanda efectiva bienes (era dinero guardado que no se gastaba) y un exceso de inversión podía generar una recesión o depresión en la región. Malthus (1820) explicó que en la sociedad existen dos tipos de personas “*los sobrios hombres de negocios y los avaros atesoradores*”. Los primeros son los que “*usan productivamente los capitales ahorrados y los introducen de nuevo en el circuito económico mediante la inversión o prestándolos*” y los segundos son los que “*retiran los fondos de la circulación y cierran las vías a la producción*”. Para solucionar este problema, Malthus (1820) propuso que los terratenientes de esa época (los ricos) fomentaran el gasto, ya que eran los que daban a la sociedad una estabilidad social, política y económica, mientras que los trabajadores (los pobres) debían trabajar para así, juntos, hacer que la economía no se estancara y siguiera adelante.

2.2. Teoría del crecimiento neoclásico de Solow.

El modelo Neoclásico económico o modelo exógeno de Solow y Swan (1956) establece que el crecimiento económico de un país depende de la mano de obra, del capital fijo y de la tecnología disponible. Para explicar este equilibrio establecieron como supuestos que en el país debía existir competencia perfecta y no podía haber distorsiones. Así, para garantizar la aproximación del equilibrio estable en el largo plazo establece:

- La existencia de rendimientos decrecientes de los factores que forman la función de producción (mano de obra, capital fijo).
- La existencia de rendimientos constantes a escala.
- La tecnología es un factor exógeno.

Estableció que la función de producción era $Y = F(K, L, A)$, donde K es el factor capital, L el factor trabajo (mano de obra) y A la tecnología. Así pues, “*dados el capital y el trabajo, una mejora del estado de la tecnología da lugar a un aumento de la producción*” Blanchard, (2012). Esta función de producción se formula con la que Cobb-Douglas planteó en 1928, en la cual se representa la producción como $Y = K^\alpha N^{1-\alpha}$ donde α es el peso que se le da al factor capital en la función de producción y fluctúa entre 0 y 1. La función de Cobb-Douglas estima la producción de un determinado país para así poder establecer su crecimiento económico esperado. El origen de la fórmula se dio en Estados Unidos “*mediante la observación empírica de la distribución de la renta nacional entre el trabajo y el capital dando como resultado que la distribución variaba muy poco a lo largo del tiempo haciendo que el trabajo y el capital sean constantes con respecto al producto total*” Roldan, PN.

Existen tres características principales derivadas de esta función:

- La productividad marginal positiva y decreciente en la que se refleja que la ley de rendimientos decrecientes de los factores explica que, a medida que uno de los factores de producción aumenta y el resto permanece constante, la productividad total decae.
- La elasticidad de la producción constante explica que la elasticidad de la producción mide la variación en porcentaje de la producción ante un cambio de las variables.
- Los rendimientos constantes a escala dependen de α . Si $\alpha=1$ se tienen rendimientos constantes del capital, si $\alpha<1$ se obtienen rendimientos decrecientes del capital y si $\alpha>1$ se obtienen rendimientos crecientes a escala del capital (obsérvese que esta última posibilidad está fuera del intervalo asignado a $\alpha \in [0,1]$).

En su formulación, Solow explicó que si no se tenía en cuenta el progreso tecnológico, los incrementos de PIB per cápita dentro de un país dependían únicamente de la acumulación del capital ante un factor trabajo constante. Si el incremento que se produce de la renta se invierte o se ahorra, la economía crece; sin embargo, como uno de estos supuestos del modelo es que existen rendimientos decrecientes, ese crecimiento no se prolongará mucho en el tiempo ya que al final ese incremento de renta se utilizará para el desgaste del capital que se ocasiona (la depreciación del factor capital) haciendo que la economía no crezca. Esa situación es lo que Solow y Swan denominaban “estado estacionario” (cuestión afín con la concepción de Malthus para este término); por lo que para poder salir de ese estado y continuar creciendo, es necesario invertir en el progreso tecnológico.

En este sentido, independientemente del punto de partida de desarrollo, todos los países llegarán al "estado estacionario" y para avanzar precisan enfocarse en el progreso tecnológico, (en innovar). Esta idea fue tomada en respuesta al análisis que hizo Harrod (1939), en el que trataba “*la inestabilidad del crecimiento económico en un estado estacionario*”, sin especificar una función concreta de la producción y basada en la idea del acelerador. La teoría de Harrod (1939) comparaba “la tasa natural de crecimiento”, que dependía del incremento del trabajo, con “la tasa garantizada del crecimiento”, la cual dependía del ahorro y de la inversión de las familias y de las empresas. De esta comparación surge el supuesto de que la producción se da por proporciones fijas en los que no se puede sustituir el trabajo por el capital pero que se pueden acelerar a medida que aumenta o varía el volumen de producción Versàgen, B. (1992). Sin embargo, Solow explicó que en realidad el producto es proporcional al capital invertido, al igual que la inversión es proporcional al ahorro y que por eso se dan los rendimientos constantes a escala. Además, aplicó la ley de proporciones variables, dando lugar a rendimientos decrecientes, llegando a la conclusión de que el producto aumenta a una tasa menor que el incremento de capital, Rodríguez Vargas, J.J.

Retomando la idea anterior del estado estacionario, Solow explicó que depende del nivel de la tecnología, la tasa de ahorro y del crecimiento de la población, por lo que el modelo se caracteriza por su estructura básica originando las explicaciones del comportamiento de las economías de cada país y de su crecimiento o estancamiento. De ahí, Solow desarrolló el modelo de crecimiento en el largo plazo en el que el *output* que producían las empresas o los países se conseguía gracias al trabajo y al capital y, además, la tecnología como factor exógeno para explicar el crecimiento económico. Gracias a estos descubrimientos se plantearon dos preguntas; la primera se enfocaba a “*la dificultad de aumentar el crecimiento del producto vía aumento de la acumulación del capital físico*” ya que un cambio en la tasa de crecimiento del capital en un 1%, cambiaba la tasa de crecimiento del producto en $1-\alpha$ (peso que se le da al factor trabajo en la función de producción); y la segunda cuestión tenía que ver con “*la importancia del factor residual para explicar el crecimiento*” León, G. (2013). Estas dos cuestiones revelaron la importancia de encontrar más factores explicativos al crecimiento económico de un país, llegando a la conclusión de que el factor tecnológico era el que impulsaba ese crecimiento económico a largo plazo.

Una de las críticas que se hicieron de este modelo es que no explica de dónde proviene ese progreso tecnológico y por ello, en los años ochenta otros autores como Romer (1986) idearon el modelo endógeno del crecimiento económico para intentar explicar de dónde procedía dicho progreso.

2.3. Teoría del crecimiento endógeno.

En esta teoría, el crecimiento económico se da por factores endógenos en vez de por fuerzas externas como expone la teoría neoclásica, es por ello que el crecimiento económico se potencia gracias al capital humano, la innovación y el conocimiento. Al contrario que la teoría neoclásica, no se ha construido una política de crecimiento sólida ya que la teoría explica que la convergencia que se da entre países es por la combinación eficiente de las variables y agentes que afectan al crecimiento económico dentro del mercado (más adelante se explicará la convergencia entre países desde el punto de vista exógeno y endógeno). Estas variables son, por ejemplo, la inversión en capital humano, los incentivos proporcionados, los recursos financieros y la información disponible entre otros. En la teoría establece como fuente principal del crecimiento económico al capital humano y es por eso que el conocimiento es un factor acumulable -para el crecimiento- sin el que el capital físico no se podría adaptar al entono. En este modelo, no se tienen en cuenta los rendimientos decrecientes pero sí los rendimientos crecientes a escala, justo al contrario que en el modelo exógeno.

Romer (1986) fue el promotor de esta teoría ya que no se identificaba con las ideas expuestas por Solow y Swan (1956) y asociaba el conocimiento como un factor más de la función de producción capaz de incrementar la productividad marginal, Cardona (2000). En 1990, Romer demostró que la tecnología, la innovación, el desarrollo y la investigación presentaban un proceso importante de endogenización, así como la convergencia dentro del crecimiento económico. Tomó las ideas de Arrow ya que éste demostró que, para aumentar la productividad de los factores, era necesario incrementar la producción o la inversión, ambos conceptos que para Romer son vinculables al factor conocimiento de los trabajadores. Además, gracias al aprendizaje, por medio del desbordamiento del conocimiento hacia otros contextos, se podía aumentar la producción sistemática.

Por tanto, este modelo expone su función de producción tal que $Y_i = F(K_i, A_i, L_i)$, donde i es cada una de las empresas del entono analizado. Como se puede ver se trata del modelo de Solow pero individualizado a las características de cada empresa.

En este sentido, se establecieron cuatro modelos del crecimiento endógeno, Uxó. J:

- El modelo AK. Es una función lineal del capital en la que tiene rendimientos constantes a escala (cuestión particular de la caracterización de rendimientos crecientes a escala de la teoría del progreso endógeno). Así que el crecimiento no se agota nunca ya que depende de la tasa de ahorro y de la acumulación de capital. El parámetro A hace referencia al nivel de la tecnología constante y positivo y el parámetro K al capital. El modelo supone que el trabajo crece a una tasa constante y que no existe depreciación del capital.
- El modelo *learning by doing*. El modelo explica que los conocimientos se adquieren gracias a la experiencia haciendo que las empresas crezcan a la vez que invierten en capital. La clave de este modelo es endogeneizar el factor de la productividad de los factores en función del capital, así, cuanto mayor sea el capital mayor será la productividad, consiguiendo así los rendimientos crecientes.
- El modelo del capital humano. Se presupone que la productividad es un factor acumulable gracias a las inversiones en conocimiento (capital humano) generando un efecto positivo en todo el sistema económico haciendo que aparezcan rendimientos crecientes a escala.
- El modelo de crecimiento con I+D. Establece que la innovación es el resultado de las decisiones que toma la empresa y es por eso que al conocimiento se le otorga un gran poder en este modelo endógeno.

Como conclusión se puede decir que esta teoría explica que el crecimiento económico se fomenta sobre todo gracias a la inversión que se hace en capital y en capital humano por parte de las empresas o gracias a los incentivos gubernamentales. Es por eso que la inversión en investigación, preparación y en educación es de suma relevancia en este modelo.

2.4. Teoría evolucionista de Schumpeter.

Schumpeter (1976) explicó que el cambio tecnológico se produce por la “*dinámica natural del capitalismo que se alimenta principalmente de las estructuras competitivas y la necesidad que tiene el capitalista de sostenerse en el mercado*”. Es decir, el crecimiento económico surge del interior de las unidades productivas y que consiste en “*alteraciones discontinuas en la manera tradicional de hacer las cosas*”. En este sentido, el cambio tecnológico se introduce en un país gracias al productor ya que es el que combina los materiales y fuerzas dando lugar a nuevos productos o procesos. Por eso, las innovaciones únicamente dependen del empresario que es el que recibe el estímulo del mercado. En este enfoque, los empresarios y las condiciones de desarrollo son importantes para el progreso tecnológico.

Nelson y Winter (1977) dedujeron que existen posibilidades de que haya diferentes “*trayectorias tecnológicas naturales*” específicas para cada régimen tecnológico. Estas trayectorias existen de muchos tipos y además se complementan entre ellas, siempre y cuando tengan una relación con las estructuras económicas e industriales de cada país. El avance tecnológico de las trayectorias se da en parte gracias a la existencia de las economías de escala y del conocimiento que posee el capital humano, haciendo que, al tener unos ritmos de crecimiento diferentes, se produzcan asimetrías entre los distintos países.

Schumpeter, Nelson y Winter (1982) realizaron una tesis que dio lugar a las bases teóricas para “*el enfoque teórico evolucionista*” a partir de una metáfora de procesos biológicos que se abordará más adelante. En esa tesis, dedujeron que si combinaban entre sí a los “*artefactos*” y a los procesos tecnológicos originaban un componente dinámico del cambio tecnológico, respondiendo así al por qué las innovaciones aparecían como fruto del aprendizaje o de la necesidad. Estos cambios tecnológicos surgían gracias a los antecedentes que hacían posible el resultado final implicando la presencia de continuidad y que los antecedentes biológicos condicionaban esos resultados creando “*comportamientos de trayectorias*”.

Por otro lado, Dosi (1988), a raíz de la tesis nombrada, intentó explicar el por qué surgen las innovaciones y dedujo que es para dar una solución a los problemas que surgen en una economía, sin importar el tipo que sea, mediante resultado de un descubrimiento o como resultado de la creatividad. En este sentido, el conocimiento precedente toma un papel muy importante ya que es la base del desarrollo y de la aplicación de los conocimientos necesarios. Es por ello que, debido a la existencia de asimetrías en la relación existente entre el conocimiento y las actividades económicas, se producen trayectorias de desarrollo con dinámicas diferentes.

Retomando la idea de los procesos biológicos, es necesario hablar de las dos categorías que existen en el análisis del progreso tecnológico, las micromutaciones y las macromutaciones, ideadas por Mokyr (1993) a raíz de la tesis de Schumpeter, Nelson y Winter (1982). Las micro y macroinnovaciones se definen como “la búsqueda intencional de mejoramiento en actividades económicas y sociales” y ambas categorías no se sustituyen, si no que se complementan entre sí en la dinámica del progreso tecnológico.

- Las micromutaciones son pequeños cambios producidos en una especie existente y que alteran sus rasgos de forma gradual. Se asocia con las *microinnovaciones* que son como pequeños pasos progresivos que mejoran las técnicas o los productos ya existentes haciendo que se perfeccionen su forma y funcionamiento, reduciendo los costes de fabricación, incrementando su uso, entre otros.
- Las macromutaciones son aquellas que dan lugar a nuevas especies. Equivalen a aquellos inventos que crean nuevas *cosas*. Para que una *macroinnovación* permanezca en el tiempo debe tener la capacidad de competir y sobrevivir en el mercado. Además, es necesario que se proporcionen unas condiciones económicas favorables para facilitar la adaptación de las microinnovaciones que se den posteriormente.

Así pues esta teoría se ha enfocado en entender y explicar el cómo y en qué condiciones ocurren los cambios tecnológicos para así poder analizar la forma en la que el progreso tecnológico induce cambios en la estructura económica. Esta teoría también está muy ligada a la teoría de la convergencia, de la que se hablará a continuación, ya que como se ha dicho anteriormente dependiendo de cómo se produzcan los avances tecnológicos se producirán las asimetrías en los países.

2.5. Teoría de la convergencia.

Una de las preguntas que más se han hecho los economistas a lo largo de los años es el por qué hay diferencias de crecimiento entre los países y cuáles son las variables que hacen las diferencias. La teoría de convergencia la enfocó primero Adam Smith ya que constituyó que el tamaño del mercado, el aprendizaje y la división del trabajo eran los condicionantes del crecimiento económico y de sus diferencias. Solow (1956) en su teoría neoclásica planteó que las tasas de crecimiento giran en torno a un estado estacionario haciendo que a la larga, como ya se ha explicado antes, las diferencias desaparezcan, Sanabria (2017).

La teoría de convergencia intenta explicar el por qué los países con menores niveles del PIB per cápita tienden a crecer de forma más rápida que aquellos con mayores niveles del PIB per cápita, haciendo que con el paso del tiempo, estos niveles del PIB tiendan a igualarse. Una vez alcanzado el estado estacionario, todos los países crecerán a una misma tasa constante, compartiendo la misma función de producción y haciendo que las diferencias de ingresos desaparezcan con el paso del tiempo. Las causas que hacen que se dé esta convergencia son las diferentes condiciones tanto históricas como iniciales, las diferencias estructurales que tienen las diferentes economías (que darían lugar a la existencia de dos funciones de producción iguales), diferencias de aprovechamiento de las nuevas tecnologías y, por supuesto, los factores políticos y sociales de cada país.

La convergencia entre países es enfocada por la teoría neoclásica y encamina este problema de crecimiento desde el punto de la oferta. La variable básica es la fluctuación del capital ya que es la que determinará el nivel de crecimiento de la productividad de la mano de obra, los salarios y la renta per cápita. Siguiendo el supuesto de competencia perfecta y de que solo existe un producto, las diferencias de crecimiento se dan por las dotaciones de los recursos de los que dispone cada país. Así pues, la teoría afirma que es el mercado el que ayuda a las zonas menos desarrolladas a alcanzar el nivel necesario, ya que es el que hace que el trabajo se desplace de las zonas menos desarrolladas a las regiones desarrolladas y el capital a la inversa haciendo que las regiones se igualen en cuanto a capital y renta per cápita, Peña (2004).

Sin embargo, este enfoque neoclásico ha tenido muchas críticas debido a que el capital no se desplazará de las zonas menos desarrolladas por las economías de escala, el progreso tecnológico y otras cuestiones que además, el trabajo tampoco se desplazaría de las desarrolladas a las menos desarrolladas debido por ejemplo a las diferencias salariales, Peña (2004). Por otro lado, este enfoque da importancia a factores como el salario o la mano de obra ya que pueden determinar, según explica Jones (2000) *“el potencial de atracción de capital que tiene una determinada región, el nivel de competitividad de su producción, su capacidad para explicar el crecimiento interno de cada país y por último, los flujos interregionales de factores”*.

La teoría de la convergencia, a partir de los años ochenta, se empezó a enfocar desde el punto de vista endógeno e incorporaron más factores al enfoque. De acuerdo con lo que dice la Comisión Europea en el artículo de Isabel Pardo (2005), las diferencias del PIB pueden ser explicadas por la estructura económica de la actividad, el grado de innovación del país, las infraestructuras y el conocimiento que poseen los trabajadores.

Las infraestructuras. Explica que si los países desarrollados invierten mucho en innovación y sobretodo en infraestructuras las diferencias de crecimiento disminuyen.

- Inversión en I+D. La introducción de nueva tecnología en los procesos productivos hace que se acelere su modernización y permita respuestas más rápidas a los cambios que demanda el mercado.
- Capital humano. La educación básica es esencial para mejorar las capacidades de los trabajadores. Existe un mecanismo indirecto que hace que el capital humano incremente el crecimiento y el desarrollo de las regiones.

Teniendo en cuenta los anteriores modelos de crecimiento endógeno explicados, en el modelo AK no permite que exista convergencia porque no se da el estado estacionario en sí ya que no existe relación entre la renta *per cápita* inicial y la tasa de crecimiento del país porque se supone que todas las economías crecen con la misma tasa sin tener en cuenta su situación inicial, lo que quiere decir que no existen rendimientos decrecientes. En cuanto al modelo *learning by doing*, se parece al modelo AK ya que explica que la economía de un país crece a una tasa constante y tampoco hay relación entre la renta y la tasa de crecimiento; por lo que no hay convergencia y tampoco estado estacionario.

Sin embargo, en cuanto a los modelos de capital humano y de crecimiento de I+D sí que se produce la convergencia. Si se introduce el capital humano como inversión tiene lógica pensar que en los países desarrollados la acumulación de capital sea dinámica debido a que si éste tiene la suficiente cualificación será mejor remunerado y más productivo haciendo que se produzcan diferencias con los países menos desarrollados o en vías de desarrollo que tengan trabajadores menos cualificados. En cuanto a la inversión en I+D, se deben tener en cuenta los desbordamientos del conocimiento internacionales (es un modelo con economías abiertas) ya que cuando un país crece se produce una entrada de capital por parte de inversores extranjeros y un intercambio de conocimiento e ideas haciendo que se produzca un mayor crecimiento gracias a que los desbordamientos del conocimiento permiten explotar los rendimientos crecientes a escala del sector de I+D.

Así pues, la teoría del crecimiento endógeno explicó que el crecimiento de un país puede continuar creciendo siempre que se apoye en los rendimientos crecientes del capital que se dan por las externalidades positivas derivadas del progreso tecnológico. En este sentido, Solow también afirmó que el progreso de un país depende de la capacidad que tiene para incorporar a su economía los avances tecnológicos. Es por ello que en si no existe ninguna fuerza que reduzca las diferencias de crecimiento entre los distintos países en el largo plazo ya que se da por múltiples causas.

3. ANÁLISIS DE DIFERENTES PROPUESTAS DE FORMULACIÓN PARA EL FACTOR TECNOLÓGICO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO.

En este apartado se va a proceder a demostrar, a partir de la función ideada por Cobb-Douglas y tomada por Solow (1956), si el factor tecnológico, denominado por la sigla “A”, influye en la producción real del país, denominado por la sigla “Y”. Para ello, se han recogido datos de diferentes países europeos durante los años 2014, 2015, 2016 y 2017, mediante la base de datos de EUROSTAT. En concreto, el PIB real de cada país (Y), la formación bruta de capital fijo (K) (teniendo en cuenta que la formación bruta de capital recoge la inversión realizada por las empresas y la adquisición de vivienda nueva por los particulares y que no se ha podido quitado la adquisición de la vivienda por desconocimiento de los datos), la población ocupada (N) y el gasto en inversión y desarrollo (A) realizado por país, tal y como se muestra en la tabla 1 expuesta en el anexo.

Una vez recogidos todos los datos, se han obtenido las tasas de variación para los años 2015-2014, 2016-2015 y 2017-2016 y así poder ver la evolución que han tenido los parámetros. Como en algunos países no había datos en algunas variables (señalados en la tabla 1 con las siglas N.D.) se ha procedido a quitarlos y así poder hacer el análisis con aquellos países en los que sí había datos para las cuatro variables consideradas. Concretamente, de los treinta y siete países han sido analizados un total de treinta.

Para poder saber si el factor tecnológico influye en la producción del país, primero se deberá encontrar el α en la fórmula ideada por Cobb-Douglas $Y=K^{\alpha}N^{1-\alpha}$ en la cual no aparece el factor tecnológico. Además, se introducirá en la fórmula el factor tecnológico, pero de tres maneras distintas, el parámetro A irá solo o acompañando a una de las variables:

- $Y=K^{\alpha}*N^{1-\alpha}*A$
- $Y=(K*A)^{\alpha}*N^{1-\alpha}$
- $Y=K^{\alpha}*(A*N)^{1-\alpha}$

Así pues, se analizarán cuatro α , una para cada modelo, y así se podrá hacer una comparativa de los cuatro modelos para analizar el que mejor se adapte a la realidad y demostrar si es verdad o no que el gasto en I+D (el factor tecnológico) afecta o no al crecimiento real de cada país.

Antes de comenzar con la explicación de cada tabla, cabe resaltar que en los años en los que algún país tenía una tasa de crecimiento negativa, bien por el PIB, por el factor tecnológico, por la formación bruta de capital o por la población ocupada, no se ha podido obtener el α , reflejado en las tablas con el color gris. Esto es debido a que un resultado negativo elevado a un α , cuyo valor se encuentra entre 0 y 1, da un valor nulo ya que se trata de una raíz de grado $1/\alpha$ de un valor negativo, lo cual no tiene solución. Como se ha señalado se considera que α debe encontrarse entre 0 y 1, al asumir rendimientos decrecientes de los factores.

A continuación se presentan los resultados de la estimación de α para las cuatro formulaciones consideradas. Una vez expuesto de forma individual, se procederá a una comparación entre ellas.

| Tabla 2 Sin tecnología | 2015-2014 | 2016-2015 | 2017-2016 |
|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Austria | 0,430 | 0,373 | 0,495 |
| Belgium | 0,650 | 0,199 | 0,855 |
| Bulgaria | 1,288 | | 1,071 |
| Croatia | 0,605 | 0,398 | 5,052 |
| Cyprus | 0,127 | 0,031 | 0,015 |
| Czechia | 0,611 | | 1,203 |
| Denmark | 0,414 | 0,214 | 0,248 |
| Estonia | | 1,099 | 0,585 |
| Finland | | 0,587 | 0,445 |
| France | 1,050 | 0,281 | 0,445 |
| Germany | 1,255 | 0,500 | 0,500 |
| Greece | 150,855 | -221,771 | -0,062 |
| Hungary | 0,555 | | 0,305 |
| Iceland | 0,218 | 0,231 | 0,055 |
| Ireland | 0,729 | 0,102 | |
| Italy | -0,255 | -1,286 | -0,353 |
| Latvia | | | 0,622 |
| Lithuania | 0,445 | -0,104 | |
| Luxembourg | | 0,055 | -2,089 |
| Malta | 0,367 | | |
| Netherlands | 0,223 | | 0,217 |
| Norway | | 0,500 | 0,445 |
| Poland | 0,655 | | 1,255 |
| Portugal | -0,154 | -1,766 | -0,291 |
| Romania | 0,289 | | 1,681 |
| Slovakia | 0,190 | | 0,855 |
| Slovenia | | | 0,302 |
| Spain | 0,180 | -4,828 | 0,035 |
| Sweden | 0,750 | 0,500 | -0,151 |
| United Kingdom | 0,345 | 0,750 | 0,445 |

Elaboración propia.

Esta primera tabla se corresponde con la fórmula ideada por Cobb-Douglas en la que no está incluido el factor tecnológico $Y=K^{\alpha}N^{1-\alpha}$.

La mayoría de los países obtienen un α dentro del intervalo previsto. Sin embargo, cabe resaltar que existen ocho países que obtienen datos superiores a la unidad y eso se debe porque esos países obtienen rendimientos crecientes de la producción causado por el factor capital y rendimientos negativos por el factor trabajo. Por otro lado, existen seis países que obtienen valores inferiores a cero y se debe a que obtienen rendimientos negativos debido al factor capital y rendimientos crecientes por el factor trabajo.

También, a la vista de los datos presentes, es necesario hablar de Grecia ya que obtiene unos valores de α peculiares, no únicamente en esta tabla sino también en las siguientes, como se verá a continuación, y por ello una vez acabada la discusión de las cuatro tablas se hablará del porqué puede ser que Grecia obtenga dichos valores.

Tabla 3
Introducción de
las tecnología

| | 2015-2014 | 2016-2015 | 2017-2016 |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Austria | 3,655 | 2,757 | 4,334 |
| Belgium | 2,844 | 2,457 | 11,257 |
| Bulgaria | 2,526 | | 2,525 |
| Croatia | 2,551 | 3,038 | -42,504 |
| Cyprus | <199,611 | 0,855 | 1,218 |
| Czechia | 2,402 | | 3,655 |
| Denmark | 2,160 | 2,301 | 4,473 |
| Estonia | | <199,611 | 1,497 |
| Finland | | <199,611 | 4,312 |
| France | 3,407 | 4,573 | 5,583 |
| Germany | 9,845 | 4,313 | 5,172 |
| Greece | 150,855 | <199,611 | 1,008 |
| Hungary | 4,929 | | 1,016 |
| Iceland | 0,802 | 1,704 | 1,982 |
| Ireland | 1,732 | 1,389 | |
| Italy | 6,433 | 4,870 | 6,641 |
| Latvia | | | 1,128 |
| Lithuania | 2,620 | <199,611 | |
| Luxembourg | | 2,123 | 14,818 |
| Malta | 1,022 | | |
| Netherlands | 1,214 | | 3,704 |
| Norway | | 1,939 | 2,706 |
| Poland | 2,206 | | 3,405 |
| Portugal | 6,779 | 37,890 | 2,441 |
| Romania | 1,384 | | 3,497 |
| Slovakia | 0,655 | | 3,655 |
| Slovenia | | | -306,655 |
| Spain | 5,132 | -199,611 | 5,708 |
| Sweden | 2,423 | 4,566 | 2,856 |
| United Kingdom | 4,003 | -178,655 | <199,611 |

Elaboración propia.

La tabla 3 se corresponde con la formula $Y=K^{\alpha}*N^{1-\alpha}*A$ en la que se ha introducido el factor tecnológico pero sin verse afectado por el parámetro α . A la vista de los datos presentes se puede afirmar que el factor tecnológico debe estar influenciado por alfa, bien acompañado por K o por N, que serán las dos tablas siguientes.

Sin embargo, a pesar de que la mayoría de los datos resultantes son mayores que uno (únicamente cuatro países son menores que cero), existen tres casos de noventa observaciones que han salido con un alfa dentro del intervalo previsto.

Considerando el factor tecnológico como desvinculado de α , se observa que Chipre en el periodo 2016-2015 obtuvo un valor de $\alpha=0,855$ e Islandia en 2015-2014 un valor de $\alpha=0.802$, lo que señala que para esos dos países, en esos periodos temporales, que el factor capital tenía mayor peso que el factor trabajo para explicar el crecimiento económico. Sin embargo, Eslovaquia en el periodo 2015-2014 obtuvo un $\alpha=0.655$, demostrando que para ese periodo se equilibra más la relevancia de los dos factores (trabajo y capital) al explicar el crecimiento económico.

Tabla 4
Tecnología con
capital

| | 2015-2014 | 2016-2015 | 2017-2016 |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Austria | -0,158 | -0,255 | -0,152 |
| Belgium | -0,527 | -0,107 | -0,087 |
| Bulgaria | -4,471 | -1,164 | -2,377 |
| Croatia | -0,633 | -0,255 | 0,108 |
| Cyprus | | 0,166 | -0,068 |
| Czechia | -0,768 | -0,153 | -0,836 |
| Denmark | -0,524 | -0,145 | -0,075 |
| Estonia | | | 6,707 |
| Finland | | | -0,133 |
| France | -0,731 | -0,087 | -0,104 |
| Germany | -0,156 | -0,160 | -0,130 |
| Greece | <101,855 | <101,855 | 0,500 |
| Hungary | -0,167 | 0,345 | 1,086 |
| Iceland | 0,505 | -0,484 | -0,039 |
| Ireland | -214,865 | -0,357 | -0,581 |
| Italy | 0,071 | 0,229 | 0,073 |
| Latvia | -1,662 | | 1,255 |
| Lithuania | -0,345 | | |
| Luxembourg | | -0,019 | 0,145 |
| Malta | 1,068 | -0,063 | |
| Netherlands | -101,855 | | -0,074 |
| Norway | | -1,055 | -0,352 |
| Poland | -1,167 | -0,637 | -1,055 |
| Portugal | 0,023 | 0,053 | 0,182 |
| Romania | -2,655 | | -2,064 |
| Slovakia | 0,355 | 1,528 | -0,501 |
| Slovenia | -0,113 | -0,099 | |
| Spain | -0,034 | -0,015 | 0,008 |
| Sweden | -1,098 | -0,147 | 0,062 |
| United Kingdom | -0,093 | | |

Elaboración propia.

Llegando a la conclusión de que cuando el factor capital no iba acompañado del factor tecnológico tenía más relevancia, en el crecimiento del país que cuando sí está acompañado por la tecnología. Es por ello que se concluye con que el factor de capital debe ir solo ya que tiene más relevancia en la producción si no está acompañado del factor tecnológico.

En la tabla 4 se ha introducido el factor tecnológico acompañado por el factor capital $Y = (K \cdot A)^{\alpha} \cdot N^{1-\alpha}$. En ella se puede comprobar que los resultados tampoco son concluyentes ya que los valores que han dado son mayoritariamente negativos, por lo que no se puede aceptar esta fórmula al indicar que bajo esta propuesta de fórmula el factor capital y el factor tecnológico generan un decrecimiento de la economía.

Sin embargo, a pesar de que los valores resultantes están por debajo de cero, existen quince datos de noventa (once países) que sí que se encuentran en el intervalo 0-1 y que fluctúan entre 0,008-0,505. La mayoría de los datos no superan el valor de 0,2, solo dos superan el valor de 0,5 y cuatro países superan el 0,3,

Por último, un dato a resaltar es que los tres países nombrados en la tabla anterior coinciden con que en esta tabla 4 también tienen valores de entre 0 y 1, pero con un valor α inferior a la formulación anterior.

- Chipre en el periodo 16-15
 $\alpha=0,166$
- Islandia en el periodo 15-14
 $\alpha=0,505$
- Eslovaquia en el periodo 15-14
 $\alpha=0,355$

Tabla 5 Trabajo

| efectivo | 2015-2014 | 2016-2015 | 2017-2016 |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| Austria | 0,855 | 0,810 | 0,886 |
| Belgium | 0,887 | 0,742 | 0,988 |
| Bulgaria | 1,110 | | 1,028 |
| Croatia | 0,855 | 0,826 | 0,908 |
| Cyprus | | 0,469 | 0,555 |
| Czechia | 0,855 | | 1,054 |
| Denmark | 0,784 | 0,732 | 0,855 |
| Estonia | | | 0,779 |
| Finland | 0,855 | | 0,878 |
| France | 1,023 | 0,855 | 0,904 |
| Germany | 1,016 | 0,888 | 0,907 |
| Greece | -127,455 | <-127,455 | 0,500 |
| Hungary | 0,916 | | 0,598 |
| Iceland | 0,505 | 0,688 | 0,680 |
| Ireland | 0,864 | 0,604 | |
| Italy | 0,811 | 0,655 | 0,828 |
| Latvia | | | 0,749 |
| Lithuania | 0,819 | | |
| Luxembourg | | 0,686 | 0,824 |
| Malta | 0,618 | | |
| Netherlands | 0,603 | | 0,822 |
| Norway | | 0,791 | 0,820 |
| Poland | 0,872 | | 1,076 |
| Portugal | 0,855 | 0,927 | 0,655 |
| Romania | 0,398 | | 1,244 |
| Slovakia | 0,449 | | 0,965 |
| Slovenia | | | |
| Spain | 0,855 | 1,018 | 0,855 |
| Sweden | 0,899 | 0,894 | 0,709 |
| United Kingdom | 0,855 | | |

Elaboración propia.

Por último, la última tabla a analizar es en la que el factor tecnológico va acompañando al factor trabajo $Y=K^{\alpha}*(A*N)^{1-\alpha}$, y concretamente esta fórmula se caracteriza porque el factor NA se denomina “trabajo efectivo”.

Cabe resaltar en esta tabla que únicamente en ocho datos (siete países) de noventa salen con un valor mayor que la unidad, además de que en Grecia aparecen los dos únicos valores de α negativos. En el resto de los países, el α se encuentra entre 0.449-0.988, teniendo en cuenta que la gran mayoría de los países en los tres periodos obtienen un α mayor que 0,7 (siete países tienen un valor de entre 0,6 y 0,7 y seis países con un α menor que 0,6) lo que quiere decir que el factor capital, al no estar influenciado por la tecnología en esta fórmula, tiene una mayor relevancia para el crecimiento del país que el que tiene el “trabajo efectivo”.

Como se puede observar en esta última propuesta de formulación, es la que representa mejor el comportamiento del crecimiento económico mediante las variaciones del factor capital, del factor trabajo y del factor tecnológico; tal y como fórmula Solow y se expone en la teoría de la convergencia.

Una vez explicadas las diferentes propuestas de formulación y tomando las que incorporan el factor tecnológico, se puede afirmar que dicho factor debe ir acompañado por el factor trabajo para confirmar el comportamiento de los rendimientos decrecientes de los factores y evitar el decrecimiento que será solventado mediante las decisiones del ámbito de la oferta. Como se ha señalado, las propuestas de las tablas 3 y 4 son descartadas; por lo que únicamente se toma como referencia para comparar la tabla 5.

Antes de ello, hay que tener en cuenta que si en la tabla 5 (trabajo efectivo) existe una celda en color gris pero en la tabla dos (omite factor tecnológico) no, es porque ese año hubo un decrecimiento del factor tecnológico y por tanto, como se ha explicado antes no es posible encontrar α . Al comparar los resultados de ambas tablas, salvo seis países que se comentarán a continuación, se puede observar que todos los países comparables (los que tienen celdas blancas en ambas tablas) obtienen una α mayor en la tabla 5 (trabajo efectivo) que en la propuesta con omisión del factor tecnológico, llegando a la conclusión de que el factor “trabajo efectivo” es más eficiente que el mero factor trabajo.

En cuanto a estos seis países que presentan anomalías, primeramente se encuentra Croacia que presenta para el periodo 2017-2016 en la tabla 2 un α mayor que la unidad pero al introducir la tecnología con el factor trabajo el α adopta un valor dentro del intervalo por lo que se obtienen rendimientos muy decrecientes incluso negativos para la tabla dos del factor trabajo.

Por otro lado, se encuentran Luxemburgo, Suecia, Italia y Portugal que tienen un α menor que cero cuando no se introduce el factor tecnológico en la formulación del crecimiento económico y un valor elevado, pero no superior a uno, cuando se introduce el factor tecnológico con el factor “trabajo efectivo”. Esto es debido a que cuando no se introduce el factor tecnológico se obtienen decrecimientos en el del factor capital para la evolución del PIB y por tanto rendimientos crecientes para el factor trabajo en el PIB. Sin embargo, al introducir la tecnología con el factor trabajo se obtiene justo lo contrario, una gran influencia del factor capital en el crecimiento económico.

Por último, Grecia, debido a los resultados que se obtienen, se puede concluir que, es un país que presenta un problema de organización y de infraestructuras y que puede haber un problema de datos; cuestión que en su día se demostró que falsearon datos, y por ello parece “lógico” pensar que las incoherencias que se obtienen son el resultado de esos problemas.

4. LA I+D EN ALGUNOS PAÍSES RELEVANTES.

En este apartado se hablará de los cinco países que más invierten en I+D, Estados Unidos, China, Japón, Alemania y Corea del Sur, y de España. Se explicará de dónde proceden los ingresos destinados al gasto de I+D, qué instituciones son las que más nivel de I+D aportan en cuanto a patentes y las ventajas y desventajas que tiene cada país para poder invertir en I+D. Por último, dentro de cada país se hablará de un dato muy importante que es la proporción de gasto de I+D con respecto al Producto Interior Bruto ya que está considerado como “un indicador clave para medir la relevancia de las políticas de I+D+i a nivel internacional y la salud de los sistemas nacionales de I+D+i” según afirma Poncela (2016).

Las empresas gastan en I+D porque así consiguen aumentar sus beneficios al aumentar sus posibilidades de descubrir y desarrollar un producto nuevo o de mejorar una técnica de producción. Si tiene éxito en el mercado, generando más beneficios para la empresa aumentarán y por consiguiente los beneficios que puede obtener el propio país. En este sentido, La Unesco, en su página oficial, explica que *“el gasto mundial en I+D ha alcanzado una cifra record, de casi 1.7 billones de dólares estadounidenses. Unos 10 países representan el 80% del gasto”*.

Los quince países mejores situados en función del gasto en I+D dólares para el año 2016.

Tabla 6 Gasto en I+D.

| | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Estados Unidos 476 mil millones. | 2. China 371 mil millones. | 3. Japón 170 mil millones. |
| 4. Alemania 110 mil millones. | 5. Corea del Sur 73 mil millones. | 6. Francia 61 mil millones. |
| 7. India 48 mil millones. | 8. Reino unido 44 mil millones. | 9. Brasil 42 mil millones. |
| 10. Federación de Rusia 40 mil millones. | 11. Italia 29 mil millones. | 12. Canadá 28 mil millones. |
| 13. Australia 23 mil millones. | 14. España 19 millones. | 15. Países bajos 16 mil millones. |

Fuente: UNESCO

Esta distinción de países en la inversión en I+D difiere de la obtenida para su peso sobre el PIB. Como se puede observar en la siguiente tabla, EE.UU por ejemplo pasa de ser la primera en invertir a la posición décima al relativizarlo por su PIB. Evidentemente estos cambios de posición entre las dos tablas son por el valor del PIB en cada país. En el caso de China, que en la primera tabla se encuentra en segunda posición pasa a ni si quiera entrar en la tabla de los quince países que más invierten sobre el PIB, situándose con un 2% en la posición 18ª. En el caso de España, se ha invertido 19 millones de \$PPA en el año 2016 pero al relativizarlo por su PIB se queda en la posición 32º del ranking con un 1,2%.

Tabla 7 Gasto en I+D en función del PIB

| | | |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| 1. Corea del Sur 4.3% | 2. Israel 4.2% | 3. Japón 3.4% |
| 4. Finlandia 3.2% | 5. Suiza 3.2% | 6. Austria 3.1% |
| 7. Suecia 3.1% | 8. Dinamarca 2.9% | 9. Alemania 2.9% |
| 10. Estados Unidos 2.7% | 11. Eslovenia 2.4% | 12. Bélgica 2.4% |
| 13. Francia 2.3% | 14. Singapur 2.2% | 15. Australia 2.2% |

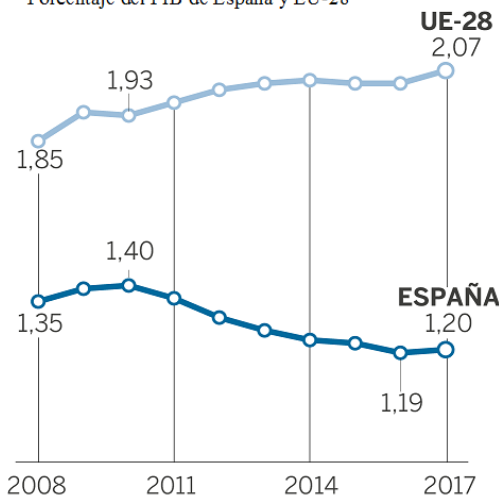
Fuente: UNESCO

4.1. España.

En 2017, según el periódico EL PAÍS y el INE, España invirtió 14.051.633,1 de euros en I+D, un 6% más que el año 2016, de los cuales, un 54,9% provenía de empresas, un 27,1% de la enseñanza superior, un 17,8% de las administraciones públicas y un 0,2% de las Instituciones Privadas Sin Fines de Lucro. A pesar de seguir aumentando ese gasto, España sigue estando muy por debajo de la media europea, tal y como se muestra en la imagen 1. Junto a Finlandia y Portugal es el único país que no ha recuperado los niveles de antes de la crisis. Mientras que la media europea se sitúa en un 2,07% en 2017, España

Imagen 1

Porcentaje del PIB de España y EU-28



Fuente: INE

está en un 1,2% con respecto del PIB, haciendo que la caída, desde que comenzó la crisis, sea de 5,8%, mientras que Alemania, de la que se hablará más adelante, por ejemplo, su inversión en I+D supone un 3% del PIB y desde 2009 su inversión ha crecido un 31%. España se encuentra en la posición decimoséptima en cuanto a inversión de I+D de los países europeos por delante de países como Irlanda o Grecia. Por último cabe señalar que España invierte un 42% menos en I+D que la media de la Unión Europea.

Por otro lado, las Comunidades Autónomas que más invirtieron ese año fueron la Comunidad Autónoma de Madrid, Cataluña, Comunidad Foral de Navarra y País Vasco, en concreto, esta última supuso el 1,93% de su PIB regional. Cabe destacar que las CCAA que más invertían en I+D aumentaron este gasto durante la crisis mientras que las que invertían menos cantidad se mantuvieron constantes.

De acuerdo con el informe elaborado por MULET, J. (2015) aumentaron los gastos de I+D en un 5,5% con respecto al 2014 aunque sin alcanzar los 14.701.392,9 de euros del año 2008, el punto más alto de inversión registrado. Ese año también aumentó el personal dedicado a la investigación en un 0,3%, aunque la cifra se encuentra por debajo del año 2008 (15.000 personas menos). En cuanto al gasto empresarial, los gastos en capital aumentaron en un 4,3% y los gastos corrientes en un 7,8%, lo que equivale a una mejora de la capacidad tecnológica de las empresas, a pesar de que el gasto empresarial total únicamente creció un 2% y las retribuciones a los investigadores permanecieron constantes. En España, el porcentaje de las empresas innovadoras en España aumentaron durante toda la crisis y el número de empresas que dejaron de ser innovadoras se redujo considerablemente.

A pesar de todo ello, España presenta muchas debilidades en el sector de la investigación ya que, según afirma José Molero, catedrático de Economía Aplicada en la Universidad Complutense de Madrid, *“los resultados en innovación están por debajo de lo que hipotéticamente le correspondería dado su nivel de desarrollo económico general”*. Estas debilidades son:

- En 2017, en España, el 99,87% de las empresas son pequeñas y medianas, de 0-249 empleados, y más concretamente, un 95,6% son microempresas que tienen de 0-9 empleados. Además de esto, los sectores más propensos para la innovación (microelectrónica, aeroespaciales, farmacia) dentro de España, son muy reducidos y dos tercios de la producción total provienen de sectores que utilizan tecnología media y baja. Otro dato curioso es que las empresas españolas que tienen más de 250 empleados, invierten en I+D la mitad de lo que invierte de media una empresa europea.
- Cabe destacar también que con la crisis acontecida, la inversión en I+D+i se ha ido reduciendo considerablemente [tabla 6], aunque a partir del 2015, la cifra comenzó a incrementarse. Esto se debe en parte a que *“las políticas en materia de I+D+i han sufrido recortes del 30% de su máximo nivel en el año 2009”*, según afirma Aleix Pons director de Economía y Finanzas de la Fundación Cotec para la innovación.

4.2. Estados Unidos.

Estados Unidos, en cuanto a primer país con mejor economía, lleva liderando el mercado mundial de innovación durante muchos años. En tan solo diez años casi duplicó su gasto, aunque a partir del año 2010 comenzó a estancarse. Según Real, C. (2018) las inversiones en el sector farmacéutico de EE.UU, se corresponden con una sexta parte de la apuesta total empresarial en investigación y, salvo por la caída sufrida en el año 2009, esas inversiones no han dejado de crecer, convirtiéndose así en una parte fundamental para el sector de investigación estadounidense. Estados Unidos es el primer país en cuanto a patentes, ya que, por ejemplo, en 2014 registró el 28,7% del total de patentes a nivel mundial, seguido de Japón con 19,8% y China con 11.9%. En lo que respecta a investigadores, EE.UU se encuentra en el segundo puesto, un 16,7% de la población total se encuentra dedicada al sector de I+D siendo China la que lidera el puesto con un 19,3%.

Según Conte, M. (2017) en 2016 Estados Unidos invirtió 466.396.242 de euros en I+D, siendo las empresas las que más invirtieron en este sector, con un aumento del 5,3% con respecto al año anterior, concretamente de 375 billones de dólares. Del total de las inversiones realizadas por las empresas, un 7% fue destinado a investigación básica, un 16% a investigación aplicada y un 77% a investigación de desarrollo, siendo el gobierno la fuente principal de financiamiento en todas las industrias. Las empresas de más de 25.000 empleados realizaron el 36% de I+D y también emplearon el 46% de los trabajos en I+D; por el contrario, las PYMES emplearon un 9% de sus trabajos en investigación.

Una de las ventajas que tiene este país para crecer es su capacidad adaptativa ya que cuenta con recursos propios. Además se encuentra en un proceso de innovación continua haciendo que, gracias a ello, las crisis se aminoren a mayor velocidad y que su economía sea menos sensible a las recesiones. Es por ello que *“la innovación es un acelerador de la competitividad, prepara para la disrupción y favorece los sistemas abiertos”* Manfredi (2016). Estados Unidos valora, reconoce y apoya el talento y la excelencia investigadora mediante un sistema de investigación competitivo adoptando medidas de fomento de la calidad y haciendo que investigadores de otros países elijan EE.UU como principal destino para trabajar ahí Cuevas, S. (2018), siendo así el principal país de origen y destino de científicos profesionales, concretamente el 49,1% de estudiantes de posgrado de ciencias e ingenierías eligen EE.UU por encima de cualquier otro país Manfredi (2016).

4.3. China.

China es el segundo país de todo el mundo que más invierte en I+D, por detrás de EE.UU. En tan solo diez años ha aumentado ese gasto en un 15% debido a que el gobierno chino quiere ser el líder tecnológico a nivel mundial. El gobierno ha establecido un plan en el que todos los sectores dedicados a la tecnología deben dedicarse a la inteligencia artificial ya que su objetivo final es “conseguir que todos los sistemas estén controlados por la inteligencia artificial, desde los industriales aplicados a diferentes sectores hasta los dispositivos relacionados con el día a día” según explica el periódico Empresa Exterior (2018). Es por esto que ha establecido nuevos parques industriales e incubadoras de alta tecnología destinados a la robótica, al *big data* y, por supuesto, a la inteligencia artificial. Además, también está invirtiendo para conseguir dominar industrias de energía nuclear y renovable, trenes de alta velocidad y vehículos eléctricos.

En 2017, China invirtió 230.778.995 de euros, según los datos de Eurostat [tabla 10], y gracias a ello aceleraron el crecimiento del país en un 11,6% haciendo que el país fomente el desarrollo impulsado por la innovación. Con respecto al PIB, los gastos de I+D correspondieron a un 2,12%, un 0,01% más que el año 2016 Zhang Peng (2018). La proporción de I+D del país asiático no se diferencia mucho de otros países, siendo las empresas las que más invierten en I+D, seguido de las instituciones gubernamentales y de las universidades. Por último, cabe señalar que “5,35 millones de personas que residen en China se dedican a la investigación, siendo la mayor cantidad de personal dedicada a esta área del mundo” según Xinhua Español (2018).

4.4. Japón.

El gobierno japonés tiene muy claro que la ciencia y la tecnología tienen un peso muy importante en el desarrollo económico, por lo que ha considerado necesario fortalecer el apoyo a su sector tecnológico. Japón es uno de los países que más invierten en I+D, concretamente en 2016 su gasto en relación con el PIB fue de 3,4%. La OCDE y *The Worldfolio* calculan que existen 10,2 investigadores por cada 1.000 personas en Japón. Esto se debe en parte gracias a que cada vez más multinacionales optan por establecer sus centros de investigación en el país, además de que las empresas nacionales de Japón invierten más en sus instalaciones de I+D tanto dentro como fuera del país. Sin embargo, en los últimos años ha perdido fuerza frente a sus competidores, Estados Unidos y China, y ha tomado medidas para mejorar sus capacidades de investigación y desarrollo.

Por otro lado, el país tiene algunas complicaciones debido a que su nación industrial está muy desarrollada pero su población además de reducida está envejecida, tiene escasez de materias primas y una competencia cada vez mayor por parte de los mercados de bajo coste situados en los países en vías de desarrollo, así lo afirma *DWIH Tokyo*. Es por eso que, al igual que Alemania, su futuro depende de sus capacidades innovadoras y de cómo las usen a su favor. Tal y como se puede observar en la tabla 10, el punto más alto de inversión en I+D de Japón se produjo en 2012 con un gasto total de 154.976.933 de euros pero en 2013 se redujo esa cantidad en un 20% debido a que las exportaciones y el consumo disminuyeron considerablemente haciendo que las empresas del país invirtieran menos. A pesar de esta caída de 2013, Japón volvió a aumentar sus gastos de I+D y, aunque en 2017 volvió a sufrir otra recesión, el país estaba más preparado lo que le permitió que ese gasto no disminuyera tanto.

En Japón las Instituciones Privadas Sin Fines de Lucro y organizaciones públicas gastan aproximadamente un 9,6% de inversión en I+D, las universidades y colegios un 20,4%. Un 90% de la I+D de los centros educativos es destinado a las ciencias naturales para la investigación básica y la investigación aplicada. En el caso de las empresas comerciales destinan un 70% del gasto de I+D y la mayor parte de ese gasto va dedicado a fines de desarrollo.

4.4. Alemania.

Alemania ha tenido muy claro siempre que la clave para una recuperación económica de un país es el aumento de la capacidad de innovación ya que así consigue aumentar también su competitividad. Alemania siempre ha sido uno de los principales líderes en innovaciones, tal y como se muestra en la tabla 9, posicionándose en el cuarto puesto a nivel mundial en cuanto a gasto en I+D. En sectores como la industria automovilística o la producción de maquinaria, el hecho de que Alemania invierta tanto en innovación, les favorece en cuanto a exportaciones ya que por ejemplo, en tan solo 10 años las exportaciones pasaron de suponer un 30% a un 50% del PIB.

En 2012, Alemania invirtió la cantidad exacta de 79.110.378 de euros en I+D, según los datos que proporciona Eurostat [tabla 10], de los cuales, 54 millones provenían de las empresas y cerca de 14 millones de la enseñanza superior, la cual lleva a cabo investigaciones en todas las ramas de la ciencia, *Research in Germany* (2018). Su objetivo es establecer universidades específicas como centros internacionales de investigación de alto nivel. Así pues, promueve los grupos de excelencia en investigación relacionados con temas científicos internacionalmente competitivos. Parte de esa financiación es destinada principalmente a proyectos universitarios, a instituciones de investigación no universitarias y laboratorios de investigación gubernamentales. Concretamente en Alemania, según *Anke, W.* (2016), existen 428 instituciones de educación superior, de las cuales 106 son universidades aunque las principales actividades de investigación adicional se llevan a cabo en las instituciones de investigación no universitarias. También existen institutos de investigación que pertenecen al gobierno tanto central como estatal. Sin embargo, las empresas son las principales generadoras de trabajo de este sector ya que proporcionan más del 60% de todos los puestos de trabajo de investigación.

4.5. Corea del Sur.

Los economistas afirman que, gracias al énfasis realizado por el país en el sector de la investigación, ha reforzado su competitividad global posicionándose, en tan solo cincuenta años, como la onceava economía más grande del mundo. La inversión que realiza el país está principalmente impulsada por el sector privado, aunque el sector público tiene gran relevancia. Según el artículo de *Arthur, C.*, el 90% del gasto se invierte en manufactura, debido al enfoque que tienen inclinado a la investigación aplicada para la competitividad industrial, ya que es un motor esencial para el crecimiento económico y el desarrollo industrial, además las empresas de alta tecnología han contribuido al crecimiento del país gracias a la inversión en infraestructura informática (*IT infrastructure*).

Corea del sur invirtió en 2017, según Eurostat y el artículo de *Yoon Young-sil* (2018), 54.046.574 de euros en investigación y desarrollo [tabla 9 véase el anexo], un 13,5% más que el año anterior, posicionándose así como el quinto país que más invirtió en I+D, por detrás de Estados Unidos, China, Japón y Alemania. En 2017, la inversión del sector privado representa el 79,4% con un aumento del 14,7% y la del sector público un 20,6% con un crecimiento del 8,1%. Además de todo esto, Corea del Sur obtuvo la proporción más alta del gasto de I+D con respecto al PIB ese año, un 4,55%.; el número de personas dedicadas a este sector en este país equivalen a un 4.8%, posicionándose así como el sexto país con más investigadores.

5. CONCLUSIONES.

El crecimiento económico ha sido una de las preocupaciones más importantes planteadas por los diferentes economistas surgidos a lo largo de los años. Estos autores han intentado establecer cuáles son las causas para determinar ese crecimiento y contestar a las preguntas de por qué unos países crecen más que otros y dónde se debe introducir el factor tecnológico para que influya de mejor forma en ese crecimiento. Autores como Adam Smith, Solow o Romer han intentado responder a la cuestión de por qué unos países crecen más alegando que las principales causas son, por ejemplo, el tamaño del mercado, las dotaciones de capital de cada país, las infraestructuras o el capital humano. La conclusión a la que sí que llegaron la mayoría de los economistas fue que el país debe aprovechar las externalidades positivas ofrecidas por el progreso tecnológico y además tener la capacidad de adaptación de esas novedades tecnológicas.

La utilización del factor tecnológico para explicar el crecimiento económico debe de acompañar al factor trabajo (trabajo efectivo) ya que así se consigue que los trabajadores sean más efectivos al realizar sus tareas. Y de ese modo, se revierte en el largo plazo en la formación bruta de capital; factor que más peso tiene en el crecimiento económico de los países. Otra idea extraíble de este apartado del trabajo es que la interpretación parcial como un factor, como por ejemplo el capital, puede generar rendimientos crecientes a escala, da por contra rendimientos negativos por el factor trabajo. La conjugación de ambos factores, mediante la formulación de Cobb-Douglas adaptada para incorporar el factor tecnológico, demuestra que se establecen rendimientos de escala y rendimientos decrecientes de los factores producidos para el crecimiento económico. De ahí la necesidad de invertir en I+D, evitando el estado estacionario señalado en la teoría.

Otra conclusión importante ha sido que los países que más invierten en innovación son los que más crecen económicamente hablando, bien porque los dota de una ventaja competitiva frente a sus competidores o porque les hace ser pioneros en muchos sectores. Además, las regiones con un mayor desarrollo a nivel económico hacen que tengan una mayor proporción de recursos tanto científicos como tecnológicos. Los países tienen muy presente la inversión en investigación y desarrollo ya que les hace ser más competitivos y menos sensibles a las recesiones. En este sentido, se observa con que las empresas son las que más invierten en investigación y desarrollo; debido a que lo utilizan para mejorar sus infraestructuras, sus procesos de producción y sus productos para así conseguir ser más competitivos en el mercado.

Las principales limitaciones de este trabajo han sido el haber partido desde un conocimiento del tema a tratar muy reducido. Los conocimientos de macroeconomía, historia social y económica y entorno económico me han ayudado a sentar las bases del trabajo para ir un paso más a la hora de analizar el concepto del factor tecnológico y sus implicaciones en la economía.

Una posible línea de avance sería el análisis de residuos, siguiendo a Solow para profundizar en la comprensión del crecimiento económico; así como un mayor análisis comparativo de la parte teórica y práctica del trabajo fin de grado.

A nivel personal, este trabajo me ha ayudado más a entender sobre el tema del factor tecnológico, ya que aunque sí que el concepto lo he estudiado a lo largo de la carrera y me han explicado que es importante para el crecimiento económico de los países no me han explicado el cómo influye verdaderamente. Por ello, el trabajo además de verlo desde un punto de vista teórico lo he visto desde un punto de vista práctico ayudándome a verlo de forma real.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRO, J. y SALA, X. (2009) “Crecimiento económico”. Revisada por Robert Andrew Robinson y José Ramón de Espínola Salazar Editorial Reverté. Págs. 660. Título original de la obra original “Economic growth. Second Edition”.
- BLANCHARD, O. AMIGHINI, A. y GIAVAZZI, F. (2012) “Macroeconomía” ediciones Pearson (5º edición).
- CARDONA, M. ZULUAGA, F. CANO, C.A. GÓMEZ, C. (2000) “Diferencias y similitudes en la teorías del crecimiento económico”. Edita Eumed. Disponible en: <<http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/mca/index.htm>> [Consultado: 8 marzo de 2019].
- COLL MARTÍNEZ, J. C. (2007): “Las teorías clásicas del crecimiento”. Edita Eumed. Disponible en: <<http://www.eumed.net/cursecon/18/18-2.htm>> [Consultado: 12 marzo de 2019].
- DOSI, G. (1988). “*Sources, procedures and microeconomic effects of innovation*” *Journal of economic literature*, capítulo 26. Págs. 1120-1271.
- HARROD, R.F. (1939) “*Essay in dynamic theory*”. Publicado en “*Blackwell Publishing for the Royal Economic Society*” Págs. 14-33.
- JONES, C.I. (2000): Introducción al crecimiento económico. Ed. Pearson Educación, México.
- LEÓN, G. (2013) “Crecimiento y convergencia económica: una revisión para Colombia” *Revista Dimensión Empre-sarial*, vol. 11, Núm. 1, pp. 61-76.
- MALTHUS, R. (1798) “*An Essay on the Principles of population as it Affects the Future Improvements of Society*” Publicado en Oxford University Press, Oxford, 2002.
- MALTHUS, R. (1820) “*Principles of Political Economy considered with a View to their Practical Application*” Págs. 547.
- MANFREDI, J.L. (2016) “Economía de la innovación en EE.UU”. Edita Política exterior Disponible en: <<https://www.politicaexterior.com/articulos/economia-exterior/economia-de-la-innovacion-en-ee-uu/>> [Consultado: 13 abril de 2019].
- MOKYR, J. (1993). “La palanca de la riqueza. Creatividad tecnologica y progreso economico”. Publicado en alianza, madrid. Págs. 433.
- MULET, J (2016) “La Innovación y la I+D española en 2015. Una visión basada en las estadistas del INE de 2016.” Publicado en FEDEA. Págs. 26. Disponible en: <<http://documentos.fedea.net/pubs/eee/eee2017-01.pdf>>
- NELSON, R y WINTER, S. (1982) “En busca de una teoría útil de la innovación” . Publicado en cuadernos de economía, capítulo 32, págs 179-223. Disponible en < http://fce.unal.edu.co/media/files/cuadernos/32/v19n32_nelson_2000.pdf>
- PARDO, I. (2005) “*Growth, convergence and social cohesion in the European union*”. Publicado en International advances in economic research. Págs. 459-467.
- PEÑA, A.R. (2004) “Las disparidades económicas intrarregionales en Andalucía” Tesis dirigida por Dr. D. Juan Manuel Rey Juliá y Dr. D. Daniel Coronado Guerrero de la universidad de Cádiz. Págs. 563.
- PONCELA, ML. (2016) “Las estadísticas sobre investigación, desarrollo e innovación y el seguimiento de las políticas públicas de I+D+i”. Publicado en Revista Índice. Págs 12-13.

- RODRÍGUEZ VARGAS, J.J. “Teorías del crecimiento económico”. Edita Eumed. Disponible en: <<http://www.eumed.net/tesis-doctorales/jjrv/7b.htm>> [Consultado: 28 febrero de 2019].
- ROMER, P. (1986) “*Increasing returns and long run growth*”. Publicado en “*Journal of political economy*”. Págs 1002-1037.
- SANABRIA, A. (2017) “Progreso tecnológico y divergencias regionales: evidencia para Colombia (1980-2010)” Publicado en *A journal of regional research* Págs. 7-25.
- SCHUMPETER, J (1976) “Teoría del desenvolvimiento económico”
- SOLOW, R. (1956): “*A Contribution to the Theory of Economic Growth.*” *Quarterly Journal of Economics* 70. Págs 65-94. Publicado por “The MIT Press”.
- VERSÄGEN, B (1992) “*Endogenous innovation in neo-classical growth models: a survey*” Publicado en *Journal of macroeconomics*. Volume 14, Issue 4, autumn 1992, Pages 631-662.
- Páginas web.
- Arthur, C. “*Developing countries can learn from South Korea’s research and development experience*”. Edita Unido. Disponible en: <<https://www.unido.org/news/developing-countries-can-learn-south-koreas-research-and-development-experience>> [Consultado: 15 abril de 2019].
- Conte, M.L. Jing Liu, Schnell, Santiago y Bish Omary, M. (2017) “*Globalization and changing tend of biomedical research output*”. Edita *JCI insight*. Disponible en: <<https://insight.jci.org/articles/view/95206>> [Consultado: 13 abril de 2019].
- Cuevas, S. Anadón, D. Villoslada, P. y Martínez, M. (2018) “¿Por qué la ciencia funciona en EE.UU y no en España?”. Edita el País (Periodico). Disponible en: <https://elpais.com/elpais/2018/04/23/ciencia/1524472311_952112.html> [Consultado: 13 abril de 2019].
- DWIIH Tokyo. “*Research and innovation in Japan*”. Disponible en: <<http://www.dwiih-tokyo.jp/research-and-innovation-in-japan/>> [Consultado: 16 abril de 2019].
- Empresa Exterior (2018). “La inversión en I+D de China situa al país como una de las potencias tecnológicas mundiales”. Disponible en: <<https://empresaexterior.com/art/66740/la-inversion-en-id-de-china-situa-al-pais-como-una-de-las-potencias-tecnologicas-mundiales>> [Consultado: 19 abril de 2019].
- EUROSTAT. Disponible en: <<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>> [Consultado: 8 abril de 2019].
- INE. España en cifras 2017. Disponible en: <https://www.ine.es/prodyser/espa_cifras/2017/index.html#36/z> [Consultado: 8 abril de 2019].
- Maqueda, A. (2018). “El gasto español en I+D sube, pero sigue lejos de la media europea”. Edita El País (Periodico). Disponible en: <https://elpais.com/economia/2018/11/28/actualidad/1543424647_353050.html> [Consultado: 11 abril de 2019].
- PIB potencial (2016). “Thomas Robert Malthus. Demanda eficiente y teoría malthusiana”. Disponible en: <<http://pibpotencial.com/2016/02/08/thomas-robert-malthus/>> [Consultado: 11 marzo de 2019].
- Roldan, P.N. “Función de producción *Cobb Douglas*”. Edita Economipedia Disponible en: <<https://economipedia.com/definiciones/funcion-de-produccion-cobb-douglas.html>> [Consultado: 30 marzo de 2019].

- Real, C.G. (2018) “Récord de I+D de las farmacias en EE.UU”. Edita Diario Médico Empresas. Disponible en: <<https://www.diariomedico.com/empresas/record-de-id-de-las-farmaceuticas-en-eeuu.html>> [Consultado: 13 abril de 2019].
- Research in Germany* (2018) “Companies and industrial research”. Disponible en: <<https://www.research-in-germany.org/en/research-landscape/research-organisations/companies-industrial-research.html>> [Consultado: 14 abril de 2019].
- The Worldfolio* (2016). “R&D: Japan’s intangible asset”. Disponible en: <<http://www.theworldfolio.com/news/rd-japans-intangible-asset/4152/>> [Consultado: 16 abril de 2019].
- Unesco. How much does your country invest in R&D?. Disponible en: <<http://uis.unesco.org/apps/visualisations/research-and-development-spending/>> [Consultado: 1 abril de 2019].
- Uxó González, J. “Modelos de crecimiento endógeno”. Edita Diccionario Empresarial. Disponible en: <http://diccionarioempresarial.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAA AAAAEAMtMSbF1jTAAASMTczNDtbLUouLM_DxbIwMDS0NDQ3OQQGZapUt-ckhlQaptWmJOcSoAgCiCtzUAAAA=WKE> [Consultado: 8 marzo de 2019].
- Wild, A. (2016). “Research is a key priority for politics and industry in Germany”. Edita Academics. Disponible en: <<https://www.academics.com/guide/research-in-germany>> [Consultado: 14 abril de 2019].
- Xinhua Español (2018). Inversión en I+D sube 11,6% en 2017 en China. Disponible en: <http://spanish.xinhuanet.com/2018-02/13/c_136972592.htm> [Consultado: 19 abril de 2019]
- Yoon Young-sil (2018) “S.Korea R&D spending to GDP ratio highest in the world”. Edita Bussiness Korea. Disponible en: <<http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=26955>> [Consultado: 15 abril de 2019].
- Zhang Peng (2018). “China spent an estimated \$279 billion on R&De last year”. Edita CNBC. Disponible en: <<https://www.cnbc.com/2018/02/26/china-spent-an-estimated-279-billion-on-rd-last-year.html>> [Consultado: 19 abril de 2019].

| Tabla 1 Y=(K,N,A) | GDP and main components Million euro | | | | Population and employment Thousand persons | | | | Gross fixed capital formation Million euro | | | | Intramural R&D expenditure Million euro | | | |
|------------------------|---|-----------|-----------|-----------|---|-----------|-----------|-----------|---|---------|---------|---------|--|--------|--------|--------|
| GEO/TIME | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| Albania | 9.618 | 9.831 | 10.157 | 10.545 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 2.336 | 2.418 | 2.477 | 2.613 | | | | |
| Austria | 308.724 | 312.252 | 318.621 | 326.749 | 3.613,28 | 3.638,27 | 3.686,17 | 3.752,51 | 69.565 | 71.150 | 74.232 | 77.138 | 10.275 | 10.499 | 11.133 | 11.679 |
| Belgium | 377.970 | 384.545 | 390.131 | 396.897 | 3.883,20 | 3.912,90 | 3.959,20 | 4.011,70 | 86.699 | 89.083 | 92.460 | 94.106 | 9.551 | 10.118 | 10.809 | 11.336 |
| Bosnia and Herzegovina | 13.444 | 13.857 | 14.293 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 2.687 | 2.593 | 2.657 | N.D. | 37 | N.D. | N.D. | N.D. |
| Bulgaria | 39.887 | 41.272 | 42.896 | 44.531 | 2.506,23 | 2.530,85 | 2.576,08 | 2.584,37 | 8.568 | 8.796 | 8.212 | 8.476 | 340 | 435 | 375 | 389 |
| Croatia | 43.712 | 44.761 | 46.344 | 47.698 | 1.321,18 | 1.336,85 | 1.368,81 | 1.423,96 | 8.886 | 9.225 | 9.821 | 10.193 | 340 | 375 | 402 | 424 |
| Cyprus | 17.496 | 17.839 | 18.698 | 19.533 | 320,27 | 325,19 | 339,93 | 354,81 | 2.035 | 2.315 | 3.284 | 4.236 | 90 | 85 | 99 | 109 |
| Czechia | 161.739 | 170.326 | 174.500 | 182.095 | 4.319,45 | 4.403,57 | 4.483,87 | 4.562,00 | 41.768 | 46.024 | 44.593 | 46.249 | 3.091 | 3.250 | 2.963 | 3.433 |
| Denmark | 253.316 | 259.250 | 265.471 | 271.477 | 2.576,00 | 2.609,00 | 2.657,00 | 2.705,00 | 48.588 | 51.269 | 55.148 | 57.696 | 7.744 | 8.341 | 8.756 | 8.919 |
| Estonia | 17.323 | 17.652 | 18.268 | 19.155 | 570,70 | 583,50 | 586,30 | 593,90 | 4.679 | 4.325 | 4.450 | 5.009 | 287 | 303 | 270 | 304 |
| Finland | 186.553 | 187.487 | 192.684 | 197.795 | 2.205,30 | 2.197,50 | 2.210,00 | 2.252,20 | 38.695 | 38.977 | 42.321 | 44.145 | 6.512 | 6.071 | 5.926 | 6.173 |
| France | 2.076.884 | 2.099.998 | 2.124.590 | 2.170.506 | 24.870,00 | 24.936,00 | 25.145,00 | 25.452,00 | 447.733 | 452.319 | 465.122 | 486.126 | 47.919 | 49.839 | 50.099 | 50.159 |
| Germany | 2.759.632 | 2.807.621 | 2.870.575 | 2.932.496 | 38.194,00 | 38.633,00 | 39.216,00 | 39.861,00 | 547.683 | 556.508 | 576.165 | 592.763 | 84.247 | 88.782 | 92.174 | 99.052 |
| Greece | 185.586 | 184.774 | 184.421 | 187.196 | 2.683,05 | 2.709,20 | 2.733,02 | 2.779,60 | 21.087 | 21.230 | 22.238 | 24.256 | 1.489 | 1.704 | 1.754 | 2.039 |
| Hungary | 105.157 | 108.876 | 111.359 | 115.966 | 3.812,91 | 3.905,77 | 4.032,36 | 4.121,20 | 23.630 | 24.736 | 21.834 | 25.806 | 1.429 | 1.511 | 1.372 | 1.673 |
| Iceland | 11.335 | 11.874 | 12.661 | 13.244 | 165,00 | 170,20 | 178,60 | 186,50 | 2.016 | 2.446 | 2.881 | 3.214 | 261 | 345 | 397 | 457 |
| Ireland | 192.152 | 240.416 | 252.407 | 270.635 | 1.616,53 | 1.676,83 | 1.741,48 | 1.811,08 | 38.937 | 58.826 | 89.087 | 61.508 | 2.921 | 3.133 | 3.243 | 3.091 |
| Italy | 1.542.924 | 1.557.180 | 1.574.604 | 1.601.123 | 17.695,20 | 17.898,90 | 18.287,20 | 18.684,20 | 259.767 | 265.175 | 274.510 | 286.368 | 21.781 | 22.157 | 23.172 | 23.355 |
| Kosovo | 4.946 | 5.149 | 5.358 | 5.585 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 1.173 | 1.314 | 1.410 | 1.490 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Latvia | 20.540 | 21.151 | 21.587 | 22.588 | 783,99 | 785,35 | 781,06 | 787,57 | 4.601 | 4.579 | 4.196 | 4.746 | 163 | 152 | 110 | 138 |
| Lithuania | 33.068 | 33.737 | 34.530 | 35.960 | 1.159,67 | 1.171,94 | 1.194,20 | 1.193,31 | 6.388 | 6.700 | 6.718 | 7.178 | 377 | 390 | 328 | 374 |
| Luxembourg | 44.381 | 46.119 | 47.232 | 47.962 | 219,13 | 223,76 | 228,91 | 235,65 | 9.464 | 8.529 | 9.416 | 9.791 | 630 | 662 | 690 | 695 |
| Malta | 7.792 | 8.622 | 9.114 | 9.725 | 167,26 | 174,16 | 181,27 | 195,61 | 1.297 | 2.014 | 2.011 | 1.863 | 61 | 71 | 59 | 61 |
| Montenegro | 3.307 | 3.420 | 3.520 | 3.687 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 661 | 740 | 1.024 | 1.216 | 13 | 14 | 13 | N.D. |
| Netherlands | 650.710 | 663.458 | 678.000 | 697.450 | 7.115,00 | 7.182,00 | 7.281,00 | 7.454,00 | 118.840 | 153.292 | 142.126 | 150.742 | 13.268 | 13.696 | 14.144 | 14.676 |
| Norway | 346.316 | 353.138 | 357.331 | 364.408 | 2.591,00 | 2.602,00 | 2.609,00 | 2.641,00 | 82.316 | 79.024 | 83.130 | 86.135 | 6.448 | 6.728 | 6.818 | 7.417 |
| Poland | 404.429 | 419.955 | 432.817 | 453.653 | 12.475,00 | 12.669,00 | 12.841,00 | 13.070,00 | 85.351 | 90.583 | 83.188 | 86.487 | 3.864 | 4.317 | 4.112 | 4.834 |
| Portugal | 169.108 | 172.190 | 175.506 | 180.411 | 3.822,47 | 3.904,44 | 3.989,64 | 4.137,93 | 26.176 | 27.704 | 28.351 | 30.955 | 2.232 | 2.234 | 2.388 | 2.585 |
| Romania | 139.783 | 145.195 | 152.165 | 162.804 | 6.097,71 | 6.279,01 | 6.404,48 | 6.483,75 | 34.896 | 37.518 | 37.441 | 38.734 | 575 | 782 | 818 | 945 |
| Serbia | 32.371 | 32.946 | 34.046 | 34.744 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 5.652 | 5.927 | 6.247 | 6.706 | 256 | 290 | 308 | 342 |
| Slovakia | 73.658 | 76.734 | 79.132 | 81.655 | 1.999,27 | 2.056,59 | 2.107,68 | 2.145,14 | 15.609 | 19.025 | 17.243 | 17.831 | 670 | 927 | 641 | 749 |
| Slovenia | 36.148 | 36.981 | 38.116 | 39.976 | 749,58 | 761,26 | 778,97 | 806,20 | 6.978 | 6.865 | 6.612 | 7.321 | 890 | 853 | 812 | 801 |
| Spain | 1.035.180 | 1.072.909 | 1.106.948 | 1.139.926 | 15.569,82 | 16.073,89 | 16.544,01 | 17.030,73 | 214.052 | 228.328 | 234.894 | 246.268 | 12.821 | 13.172 | 13.260 | 14.052 |
| Sweden | 392.892 | 410.402 | 421.417 | 430.286 | 4.279,10 | 4.341,10 | 4.419,50 | 4.526,70 | 92.295 | 98.434 | 102.528 | 108.674 | 13.612 | 14.663 | 15.141 | 16.142 |
| Switzerland | 472.758 | 479.062 | 486.732 | 494.601 | 3.977,97 | 4.070,27 | 4.135,65 | 4.167,81 | 112.525 | 115.083 | 119.041 | 122.961 | N.D. | 20.656 | N.D. | N.D. |
| Turkey | 771.887 | 818.863 | 844.934 | 907.807 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 219.880 | 240.296 | 245.696 | 264.886 | 6.055 | 6.814 | 7.370 | 7.245 |
| United Kingdom | 2.004.638 | 2.051.730 | 2.088.441 | 2.126.512 | 26.079,00 | 26.604,00 | 26.838,00 | 27.146,00 | 331.903 | 343.067 | 350.930 | 363.079 | 37.960 | 43.574 | 40.427 | 38.898 |

Fuente EUROSTAT

Tabla 8. Gastos internos totales en actividades de I+D en relación con el PIB por años y sectores de ejecución.

| | PIB (Miles de millones de euros) | Total (miles de euros) | (Gastos I+D/PIB)*100: Total |
|------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 1995 | 437.787 | 3.550.106,4 | 0,81 |
| 1996 | 464.251 | 3.852.631,8 | 0,83 |
| 1997 | 494.140 | 4.038.903,5 | 0,82 |
| 1998 | 527.975 | 4.715.018,1 | 0,89 |
| 1999 | 565.419 | 4.995.360,2 | 0,88 |
| 2000 | 610.541 | 5.718.988,3 | 0,94 |
| 2001 | 680.678 | 6.496.011,0 | 0,95 |
| 2002 | 729.206 | 7.193.538,0 | 0,99 |
| 2003 | 782.929 | 8.213.035,6 | 1,05 |
| 2004 | 841.042 | 8.945.760,7 | 1,06 |
| 2005 | 908.792 | 10.196.871,0 | 1,12 |
| 2006 | 984.284 | 11.815.217,9 | 1,20 |
| 2007 | 1.053.537 | 13.342.370,6 | 1,27 |
| 2008 | 1.088.124 | 14.701.392,9 | 1,35 |
| 2009 | 1.053.914 | 14.581.675,7 | 1,38 |
| 2010 | 1.045.620 | 14.588.455,3 | 1,40 |
| 2011 | 1.046.327 | 14.184.294,6 | 1,36 |
| 2012 | 1.039.815 | 13.391.606,8 | 1,29 |
| 2013 | 1.025.693 | 13.011.798,0 | 1,27 |
| 2014 | 1.037.820 | 12.820.756,4 | 1,24 |
| 2015 | 1.081.165 | 13.171.807,2 | 1,22 |
| 2016 | 1.118.743 | 13.259.768,7 | 1,19 |
| 2017 | 1.166.319 | 14.051.633,1 | 1,20 |

Fuente: INE

Tabla 9. Lista de países con los mayores gastos en I+D.

| Ranking | 2000 | 2005 | 2010 | 2013 | 2015 |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 (US\$ Billion) | USA (270) | USA (328) | USA (410) | USA (457) | USA (497) |
| 2 | Japan (36.6%) | Japan (39.3%) | China (52.0%) | China (73.1%) | China (75.1%) |
| 3 | Germany (19.4%) | China (26.5%) | Japan (34.4%) | Japan (35.0%) | Japan (33.4%) |
| 4 | China (12.2%) | Germany (19.6%) | Germany (21.4%) | Germany (21.9%) | Germany (21.5%) |
| 5 | France (12.2%) | France (12.0%) | France (12.4%) | France (12.2%) | France (11.9%) |
| 6 | Great Britain (10.3%) | Great Britain (10.4%) | Great Britain (9.3%) | Great Britain (9.0%) | Great Britain (9.0%) |
| 7 | Canada (6.2%) | Canada (7.0%) | Italy (6.1%) | Italy (6.0%) | Canada (5.8%) |
| 8 | Italy (5.7%) | Italy (5.5%) | Canada (6.1%) | Canada (5.8%) | Australia (5.4%) |
| 9 | Sweden (3.5%) | Australia (4.1%) | Australia (5.0%) | Australia (4.8%) | Italy (5.3%) |
| 10 | Netherlands (3.4%) | Spain (4.1%) | Spain (5.0%) | Spain (4.2%) | Spain (4.1%) |
| 11 | Australia (2.9%) | Netherlands (3.3%) | Netherlands (3.1%) | Netherlands (3.4%) | Netherlands (3.5%) |
| 12 | Spain (2.9%) | Sweden (3.2%) | Sweden (3.1%) | Sweden (3.1%) | Sweden (3.1%) |
| 13 | Switzerland (2.1%) | Switzerland (2.7%) | Switzerland (2.9%) | Switzerland (3.0%) | Switzerland (2.6%) |
| | South Korea (6.9%) | South Korea (9.3%) | South Korea (12.7%) | South Korea (15.1%) | South Korea (15.0%) |
| | Singapore (1.1%) | Singapore (1.5%) | Singapore (1.8%) | Singapore (1.9%) | Singapore (2.4%) |

Fuente: Conte, M.L. Jing Liu, Schnell, Santiago y Bish Omary, M. (2017).

Tabla 10 Gasto en I+D en millones de euros

| TIME/GEO | Germany | Spain | United States | China except Hong Kong | Japan | South Korea |
|----------|------------|------------|---------------|------------------------|-------------|-------------|
| 1995 | 42.227,22 | 3.624,038 | 140.731,645 | | 117.130,607 | |
| 1996 | 42.206,428 | 3.987,821 | 155.778,649 | | 102.513,456 | |
| 1997 | 42.728,259 | 4.051,054 | 187.573,888 | | 107.922,6 | |
| 1998 | 44.340,636 | 4.692,492 | 202.420,837 | | 103.607,698 | 7.241,022 |
| 1999 | 48.352,314 | 4.995,358 | 230.388,441 | | 123.909,166 | 9.407,503 |
| 2000 | 50.825,217 | 5.718,99 | 291.807,059 | | 153.859,686 | 13.271,204 |
| 2001 | 52.235,953 | 6.227,157 | 312.905,315 | 14.062,673 | 143.014,557 | 13.950,556 |
| 2002 | 53.551,061 | 7.193,538 | 295.993,02 | 16.451,798 | 131.725,504 | 14.738,478 |
| 2003 | 54.727,818 | 8.213,036 | 259.770,156 | 16.444,471 | 119.748,057 | 14.157,459 |
| 2004 | 55.096,623 | 8.945,761 | 245.711,07 | 19.096,701 | 117.396,184 | 15.594,708 |
| 2005 | 55.878,889 | 10.196,871 | 263.747,287 | 24.029,946 | 121.831,436 | 18.966,099 |
| 2006 | 58.966,702 | 11.815,218 | 281.401,72 | 30.002,164 | 118.295,103 | 22.815,085 |
| 2007 | 61.500,942 | 13.342,371 | 277.501,642 | 35.614,448 | 110.116,205 | 24.588,863 |
| 2008 | 66.594,101 | 14.701,393 | 276.881,969 | 45.150,65 | 113.986,356 | 21.479,527 |
| 2009 | 67.014,884 | 14.581,676 | 291.371,523 | 60.897,245 | 121.357,434 | 21.393,481 |
| 2010 | 70.014,208 | 14.588,455 | 309.340,726 | 78.724,998 | 135.035,091 | 28.629,235 |
| 2011 | 75.569,073 | 14.184,295 | 308.758,621 | 96.565,243 | 143.700,955 | 32.370,522 |
| 2012 | 79.110,378 | 13.391,607 | 338.067,404 | 127.059,283 | 154.976,993 | 38.302,479 |
| 2013 | 79.729,508 | 13.011,798 | 342.459,905 | 145.097,102 | 128.644,678 | 40.787,222 |
| 2014 | 84.246,766 | 12.820,756 | 358.639,067 | 159.004,48 | 124.530,732 | 45.584,939 |
| 2015 | 88.781,819 | 13.172 | 446.235,241 | 203.201,994 | 129.819,462 | 52.492,855 |
| 2016 | 92.173,556 | 13.260 | 466.396,242 | 213.225,272 | 140.694,992 | 54.046,574 |
| 2017 | 99.052,15 | 14.052 | 480.878,994 | 230.778,995 | 138.207,411 | 61.711,223 |

Fuente EUROSTAT